

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-283269

(43)公開日 平成6年(1994)10月7日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 5 B 33/22

33/26

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-68892

(22)出願日 平成5年(1993)3月26日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 三原 孝士

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

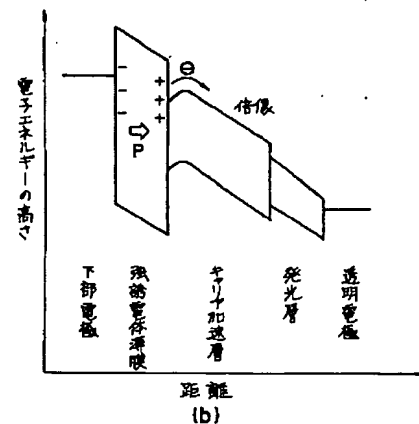
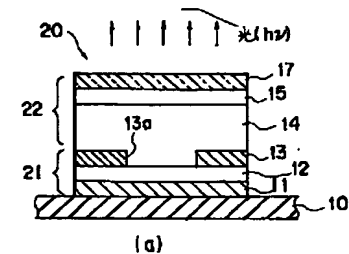
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 電気発光面光源素子

(57)【要約】

【目的】補助的光源を必要とせず、視野角が広く、かつ時間応答性に優れ、低電圧駆動が可能な電気発光面光源素子を提供する。

【構成】厚さが50nm～2μmの強誘電体薄膜12と、この強誘電体薄膜を挟んで設けられた下部並びに上部電極11、13とで、上部電極側に上部電極に形成された開口13aを介して電子を射出可能な強誘電体キャパシタ部21が形成されている。また、上部電極上には、電子なだれ現象により電子を増倍する増倍層14と、この上に順次積層された発光層15透明電極17とにより構成され、前記電子が注入されてEL発光する電気発光部22が形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部電極と、この上に形成された強誘電体薄膜と、この上に形成され開口を有する上部電極と、この上に形成され、上部電極の開口を介して一部が前記強誘電体薄膜と接触し、強誘電体薄膜から供給される電子を電子なだれ現象により増倍する層と、この上に形成され増倍された電子が注入されて発光する電気発光層とを具備する電気発光面光源素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電気発光 (Electric Luminescence) 素子 (以下に EL 素子という) を使用した電気発光面光源素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、ワードプロセッサ、ノート型パーソナルコンピュータ、携帯型ゲームの旺盛な需要に支えられて、固体画像表示素子の生産、販売が急激に伸びている。このような用途にディスプレイとして使用される固体画像表示素子の代表的なものとして、液晶を利用したものが、消費電力で低いので知られている。

【0003】 また、本出願人は特開平 2-199794 号に示したような EL 素子を用いた表示素子を既に出願している。

【0004】 この EL 素子では、蛍光 (発光) 膜と厚い絶縁膜との間の蛍光 (発光) 膜側に薄い絶縁膜が、また厚い絶縁膜側に中間電極が挿入されている。なお、この中間電極としては、Al、Au 等の金属や ITP (Indium Tin Oxide) 等の透明電極、さらには非常に高濃度にドナーをドーピングした n 型半導体でも良い。ただし、金属や半導体を用いる場合には、光を取り出す側の中間電極は少なくとも光が通過する程度に充分薄くしなければならぬ。

【0005】 このような構造において、背面電極と透明電極との間に電圧を印加し、蛍光 (発光) 膜に電界を印加すると、中間電極から電子が薄い絶縁膜をトンネリングして蛍光 (発光) 膜中に注入される。この注入電子は蛍光 (発光) 膜内に生じている電界によって加速され、蛍光 (発光) 膜中の発光中心に衝突し、発光中心を励起する。

【0006】 前記中間電極がない場合、蛍光 (発光) 膜に注入される電子は、絶縁膜と蛍光 (発光) 膜との間の界面に存在する準位 (トラップ) から供給される。従って、同一電界において、中間電極がある場合の方が電子注入が多くなり、発光輝度も増加する。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、このような液晶ディスプレイにおいては、これは自己発光型ではないために、バックライト EL やバックライト蛍光管等のバックライトが別個に必要とであり、このために、装置全体が大型となり、またバックライトの寿命や消費電力の

問題もある。さらに、視野角が約 30° と非常に狭く、また時間応答性も悪いという問題もある。そして、特にアクティブマトリックスタイプのものでは、製造工程が複雑で製造コストが高いという問題がある。

【0008】 また、前記特開平 2-199794 号に示した EL 素子では、キャリアの供給が高電界中にトラップサイト又はスペースチャージ領域を置くことによって行われている。しかし、このような電界のみでキャリアを得るためには、数 MV/cm の電界を印加して、キャリアをトンネル現象により引き出すか、ホットキャリア化する必要がある。このように、トンネル現象やホットキャリア化により、キャリアを引き出すことは従来非常に困難であり、また駆動電圧が 100V 前後と極めて高いため、液晶ディスプレイに代わるような実用レベルには達していなかった。

【0009】 従って、本発明の目的は、バックライト等の補助的光源を必要とせず、視野角が広く、かつ時間応答性に優れ、低電圧駆動が可能な電気発光面光源素子を提供することである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明の電気発光面光源素子は、下部電極と、この上に形成された強誘電体薄膜と、この上に形成され開口を有する上部電極と、この上に形成され、上部電極の開口を介して一部が前記強誘電体薄膜と接触し、強誘電体薄膜から供給される電子を電子なだれ現象により増倍する増倍層と、この上に形成され増倍された電子が注入されて発光する電気発光層とを具備することを特徴とする。

## 【0011】

【作用】 上部電極と下部電極との間に印加されている電圧の極性を反転すると残留分極量の約 2 倍のキャリア、即ち電子、が強誘電体薄膜中に誘起されて上部電極の開口の所から増倍層に入り、ここで増倍されて電気発光層に注入される。この結果、電気発光層は注入された電子により EL 発光する。

## 【0012】

【実施例】 以下にこの発明の第 1 の実施例に関わる電気発光面光源素子を、図 1 並びに図 2 を参照して説明する。

【0013】 図 1 中、符号 10 はディスプレイの基板を示し、この基板には多数の電気発光面光源素子 20 がマトリックス状に配置されている (図では代表的に 1 個のみを示す) この基板 10 は絶縁体で形成されているか、上面に絶縁膜が形成され、各電気発光面光源素子が電氣的に分離されている。この光源素子 20 は、基板 10 上に直接形成された下部電極 11 と、この下部電極 11 上に形成された強誘電体薄膜 12 と、この上に形成された上部電極 13 とからなる強誘電体キャパシタ部 21 を有する。この誘電体薄膜 12 は、非常に薄く、好まし

3

くは50nm~2μmの範囲内が望ましい。また、前記上部電極13には、その中心に円形の開口13aが形成されており、この開口の所で前記誘電体薄膜12の上面の一部が露呈している。このキャパシタ部21の上には、電気発光部22が形成されている。この電気発光部22は、前記上部電極13上に形成され、下部中心部が前記開口13aを介して誘電体薄膜12と接触するキャリア増倍層14と、この上に順次積層された発光層15と、透明電極17とにより構成されている。前記誘電体薄膜12は3~4eV程度の強誘電体で、キャリア増倍層14は化合物半導体で、そして発光層15はバンドギャップが発光波長に調整されるかまたは内部の不純物が発光過程に応じて適当に加えられた化合物半導体で夫々形成されている。

【0014】上記構成の電気発光面光源素子は、図2(b)に示すような電子エネルギーの高さ分布を有している。即ち、電子エネルギーは、誘電体薄膜12が、一番高く、発光層15に向かうのに従って低くなっている。この実施例では、誘電体薄膜12の誘電率は100~1500と極めて高く、一方、キャリア増倍層14並びに発光層15は約10のオーダと低くなっている。この結果、下部電極11に“-”の電圧を、そして透明電極17に“+”の電圧を印加すると電圧の90%はキャリア増倍層14並びに発光層15印加されることになる。

【0015】前記誘電体薄膜12は内部に自発分極Pを持ち、この分極が同一方向を向いた分子配列の結晶で電極域のドメインをつくっている。この誘電体薄膜12に電圧が印加されると、この分極Pが同一方向を向きドメインが固定される。一方このPによる電束密度Dは、誘電率を $\epsilon_0$ 、そして電界を $E_f$ とすると次式によりあらわされる。

$$【0016】 D = \epsilon_0 E_f + P$$

ここで、ドメインが安定に存在するためには、電界 $E_f$ を誘電体薄膜12の内部で十分に小さくする必要があり、このためには電束密度Dを補償するような過剰チャージ $\rho_0$ が次式のガウスの法則を満足するように発生する必要がある。

$$【0017】 \rho_0 = \int_s D \cdot dA$$

通常、金属の電極では内部の自由キャリアでこれが行われる。前記キャリア増倍層14は半導体で形成されているので、キャリア増倍層14内でキャリアが僅かに存在している。このため、過剰チャージ $\rho_0$ をキャリア増倍層14内で発生させるためにエネルギーバンドが図2(b)に示すように非常に低くなる。

【0018】この後、下部電極11と上部電極13との間の印加電圧パルスを反転させることにより、分極Pを-Pに変化させる。このときに、キャリア増倍層14内の過剰チャージ $\rho_0$ は電子から正孔へと変わり、 $\rho_0 - (-\rho_0) = 2\rho_0$ のキャリアが発生する。

4

【0019】この発生するキャリアの量は、1回の極性の反転の毎に $2\rho_0$ で、分極Pは $2\rho_0 = 2P$ となつて、過剰チャージ $\rho_0$ によって完全に補償される場合、即ち、 $E_f$ がほぼ0の場合には、Pの2倍、即ち、スイッチング・チャージ $Q_{sw} (= 2\rho_0)$ に相当する。このスイッチング・チャージ $Q_{sw}$ は数十 $\mu C/cm^2$ であり、この電流は数十 $KA/cm^2$ となり、非常に大きくなる。このようなキャリアの発光過程を図3の(a)(b)に示す。

10 【0020】このようにして発生したキャリアはキャリア増倍層14で加速されて発光層15に注入される。このキャリア増倍層14は、誘電率が比較的小さく発光層15でより射出される発光(hv)の波長を吸収しないようにバンドギャップが大きい材質で形成されている。このキャリア増倍層14への不純物のドーピングは、全くしないか、僅かにすることが望ましい。このキャリア増倍層14は、ここでの電子の加速は数百 $kV/cm$ から数十 $MV/cm$ もしくはこれ以上となるように設定されている。また、この加速中に多重イオン化散乱により

20 電子の増倍が生じても、また生じなくても良い。  
【0021】発光層15では、加速されて注入された電子とバンドと間の直接遷移過程、またはフォトンを経た遷移過程および不純物による浅い又は深いレベルによる遷移、量子井戸等の不純物回りの閉じ込められたキャリアにより励起順位、または原子内イオン化により光が発生される。このような発光メカニズムは図3(a)に示すようになり、また、その電流-電圧特性は図3

(b)に示すように印加電圧が所定の電圧以上になると急激に電子の増倍がキャリア増倍層14で生じる前記下部電極11、上部電極13は、特に限定されるものではないが、Pt、Ptとバッファ層との組み合わせ、例えばPt/Ti、Pt/Ta、Pt/TiN、Pt/TiW、貴金属、例えばAg、Au、Pd、Ni合金、高融点金属、例えばNi、Mo、W、Cr、TiN、もしくはTiW等で形成され得る。

30 【0022】また、誘電体薄膜12は、ペロブスカイト系、チタン酸塩系、例えばBaTiO<sub>3</sub>、(Ba, Sr)TiO<sub>3</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、PbTiO<sub>3</sub>(PT)、Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub>(PZT)、(Pb, La)(ZrTi)O<sub>3</sub>、ニオブ酸塩系、例えばPb(Mg<sub>1/3</sub>, Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub>、LiNbO<sub>3</sub>、LiTaO<sub>3</sub>、KNbO<sub>3</sub>、K(Ta, Nb)O<sub>3</sub>、タングステン・ブロンズ系、例えば(Sv, Ba)Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>、(Sv, Ba)<sub>0.8</sub>RxNa<sub>0.4</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>、(Pb, Ba)Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>、(K, Sr)Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>、(Pb, K)Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>、Ba<sub>2</sub>NaNb<sub>5</sub>O<sub>15</sub>PNB、KSN、PKN、BNN、もしくはEi系レイヤードペロブスカイト系で形成され得る。

50 【0023】そして、キャリア増倍層14並びに発光層15は化合物半導体で、特に、発光層をベースとした材

料により形成され得る。例えば、 $ZnS$ 系、 $ZnSe$ 系、 $GaAs$ 系、 $GaAlAs$ 系、 $SiC$ 系、 $ZnO$ 系、 $a-Si$  (アモルファス・シリコン)、 $a-Ge$  :  $H$  (水素含有アモルファス・ゲルマニウム)、 $a-Si_{1-x}N_x$  :  $H$ 、 $a-Si_{1-x}Cx$  :  $H$ 、 $a-Si_{1-x}O_x$ 、酸化物系、例えば $Zn_2SiO_4$ 、 $Zn_3(P$   
 $O_4)_2$ 、 $ZW-xO$ 、 $Cd_{1-2}O$ 、 $ZnxCd_{1-2}O$ 、 $NiO$ 、 $CoO$ 、 $Cu_2O$ 、サルコパイライト系、例えば $CuCaS_2$ 、 $CuAlSe_2$ 、 $CuAlS_2$ 、 $Ag$   
 $GaS_2$ 、 $ZnCdS$ が使用され得る。また、 $I-III-V_2$ 族カルコパイライト系、または単結晶、微結晶、アモルファス状態の上記材質もしくはそれ以外のものでも形成され得る。

【0024】また、透明電極17は、ITO等により形成される。

【0025】次に、第2の実施例を図4を参照して説明する。

【0026】この実施例では、キャリア増倍層14中にグリッド層16が形成され、キャリア増倍層14が上層と下層に分離されている。このグリッド層16は中央に開口16aを有する導電体層で形成され、下層から上層に移動する電子を開口のところで制御するように加速電界を制御可能となっている次に、上記構成の電気発光面光源素子をマトリクス状には配設して画素とした場合のディスプレイを図5を参照して説明する。

【0027】図中、符号30はP導電型のシリコン基板を示し、この上にはマトリクス状に配列された多数の電気発光面光源素子20と、各素子に対応するように配設されたn-MOSトランジスタ31とが形成されている。このシリコン基板30の上面はトランジスタ31が形成されている部分を除いてフィールド酸化膜32で覆われており、この酸化膜32とシリコン基板30とで前記基板10を構成している。この酸化膜32の上に前記下部電極11が形成されているとともに、これら下部電極11間を電氣的に絶縁するようにして絶縁膜33が形成されている。

【0028】一方、前記シリコン基板30の露出した上面にはN導電型のソース領域34並びにドレイン領域35が形成されている。そして、これら領域間のチャンネル上にはゲート絶縁膜を介してゲート電極36が形成されている。また、ドレイン領域35と上部電極13とはドレイン電極37により電氣的に接続されている。

【0029】この例では、基板30にソース領域34、ドレイン領域35、ゲート電極36を形成した状態で電気発光面光源素子20を形成し、そして基板33を形成した後に、この基板33の上部電極13上に位置する部分にコンタクトホールを形成してからドレイン電極37を沈着、パターンニングして上部電極13とドレイン領域35とを電氣的に接続している。

【0030】図6は、本発明の電気発光面光源素子と、

アクティブ素子としてMOSトランジスタとを組合わせたときの駆動方式の例を示す。

【0031】(a)では、図2に示す電気発光面光源素子を用いており、キャパシタ部21と発光部22とはワードラインからトランジスタ31を介して常時電圧が印加されており、ドライブラインからトランジスタ31への信号により、電気発光面光源素子は選択的に駆動されて発光するようになっている。

【0032】(b)では、図3に示す電気発光面光源素子を用いており、グリッド層16の電圧のみをと外部からディスプレイ全体で制御するようになっている。

【0033】(c)では、図3に示す電気発光面光源素子を用いており、グリッド層16がトランジスタ31のドレイン電極に接続されており、キャパシタ部21には常時電圧が印加されている。従って、グリッド層をトランジスタ31で駆動するようになっている。

【0034】図7は、本発明の電気発光面光源素子をカラーディスプレイに使用した場合の配置例を示す。

【0035】(a)は赤色光(R)を射出する電気発光面光源素子20Rと、緑色光(G)を射出すると電気発光面光源素子20Gと、青色光(B)を射出する電気発光面光源素子20Bとを準備し、夫々をアドレス回路54、55によりMOSトランジスタ31を介して、電気発光面光源素子を夫々単独で発光させるようにしている。

【0036】(b)は白色光を射出する電気発光面光源素子20のみを用意し、この射出側に3原色のフィルターを、夫々配置し、白色射出光を色フィルターで夫々の色に着色している。

【0037】図2並びに図3に示す実施例では、誘電体薄膜12と上部電極13とを直接接触させているが、これらの界面に半導体層を形成しても良い。図8を参照してその例を説明する。

【0038】(a)は、誘電体薄膜12を熱処理するときに露出面に形成される半導体層40をそのまま残しておいた例を示す。この例では、半導体層40を形成した後に上部電極13を形成し、さらにリフト・オフやウェット・エッチ等のエッチングにより開口13aを形成している。

【0039】(b)は、誘電体薄膜12の上に上部電極13を形成したのちに半導体層40を開口13aからの露出面に形成した例を示す。この例では開口13aを反応エッチング、スパッター・エッチング、イオンミリング等で形成した後に、再熱処理して半導体層40を形成している。

【0040】(c)は、誘電体薄膜12上に上部電極13を形成し、さらに開口13aを形成した後に、半導体材料を誘電体薄膜12並びに上部電極13上に沈着して半導体層40を形成している。

【0041】以下に、図9を参照して発光部22の変形

例を説明する。

【0042】(a)は、キャリア増倍層14と透明電極17との間にブロック層42を介在させた例を示す。このブロック層42は、発光層15よりも $\Delta n$ 及び/又はバンド・ギャップを大きくして無効電流の低減やそれを閉じ込める機能を果たしている。このブロック層42は化合物半導体等で形成され得る。

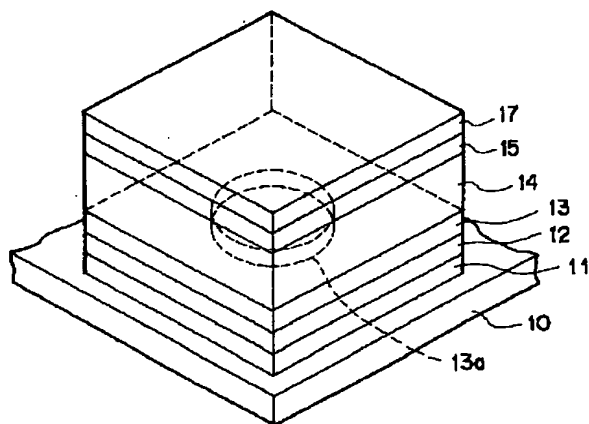
【0043】(b)は、上部電極13とキャリア増倍層14との間にキャリア緩和層43を介在させた例を示す。高密度で高エネルギーの電子が直接キャリア増倍層14内に注入されると、インパクト電離によってこのキャリア増倍層14が劣化してしまう恐れがある。このために緩和層43を上部電極13とキャリア増倍層14との間に介在させて、このキャリア増倍層14の劣化を防止している。この緩和層43は、ブロック層42と同じく、発光層15よりも $\Delta n$ 及び/又はバンド・ギャップを大きくするか、もしくは同じでもドーピングしない材料で形成することが望ましい。

【0044】前記各実施例において、キャリア増倍層14は、一種類の材料の単一層でも良いし、また複数の材料の複合層でも良い。例えば、沈着により下層を形成し、この上に、これと同じ材料か異なる材料の単結晶の上層を形成した複合層でも良い。

【0045】

【発明の効果】本発明の電気発光面光源素子においては、強誘電体の分極反転による電子の注入により、EL発光をさせたことにより、バックライト等の補助的光源を必要とせず、視野角が広く、かつ時間応答性に優れ、低電圧駆動が可能な電気発光面光源素子を提供することができる。

【図1】



【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係わる電気発光面光源素子の斜視図である。

【図2】(a)は図1に示す素子の断面図、(b)は素子の各層間の電子エネルギーを示す線図である。

【図3】本発明の電気発光面光源素子の発光メカニズムを説明するための図で、(a)は増倍層内で電子が増倍されて光が発光される状態を示す図、また(b)は印加電圧と電流との関係を示す線図である。

10 【図4】(a)は本発明の第2の実施例に係わる電気発光面光源素子を示す断面図、そして(b)は素子の各層間の電子エネルギーを示す線図である。

【図5】本発明の電気発光面光源素子とMOSトランジスタとを組合わせたディスプレイの一部を示す断面図である。

【図6】電気発光面光源素子の夫々異なる駆動方式を説明するための図である。

【図7】電気発光面光源素子をMOSトランジスタと組合わせてカラーディスプレイを構成する異なる方法を説明するための概略図である。

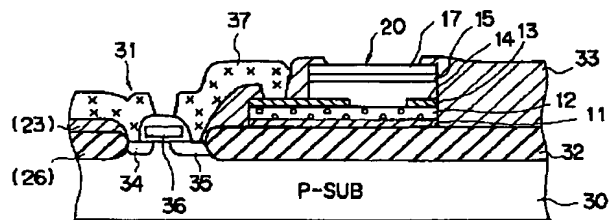
20 【図8】夫々キャパシタ部の変形例を説明するための図である。

【図9】夫々発光部の変形例を説明するための図である。

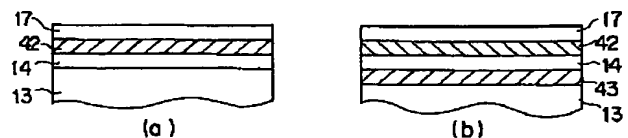
【符号の説明】

10…基板、11…下部電極、12…強誘電体薄膜、13…上部電極、13a…開口、14…キャリア増倍層、15…発光層、16…グリッド電極、17…透明電極、21…キャパシタ部、22…電気発光部。40…半導体層、42…ブロック層、43…緩和層。

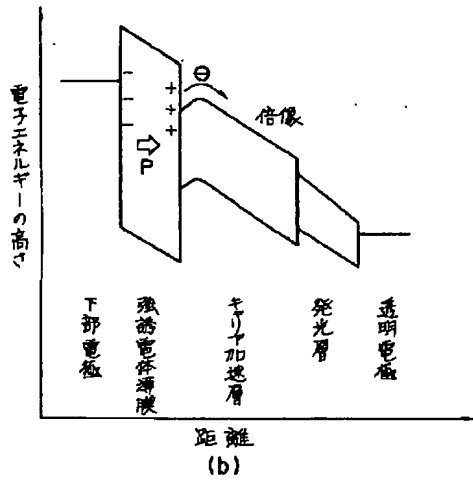
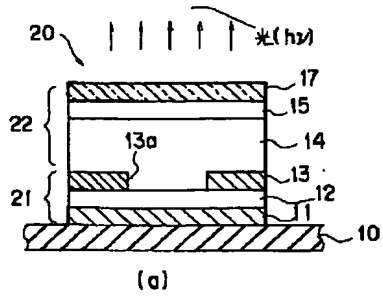
【図5】



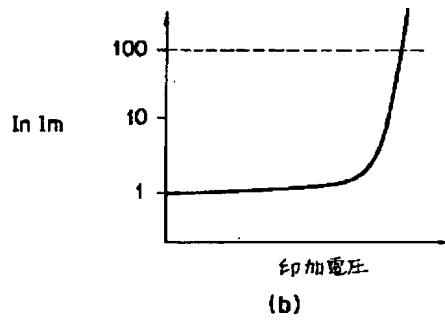
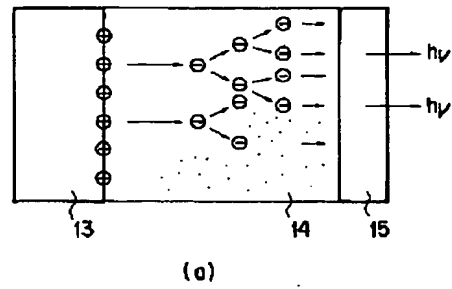
【図9】



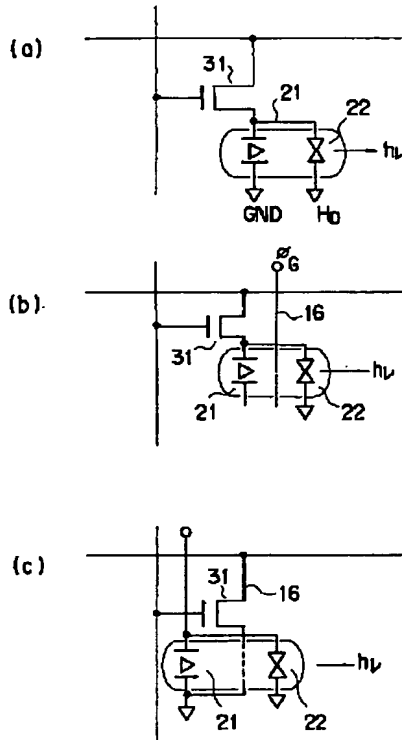
【図2】



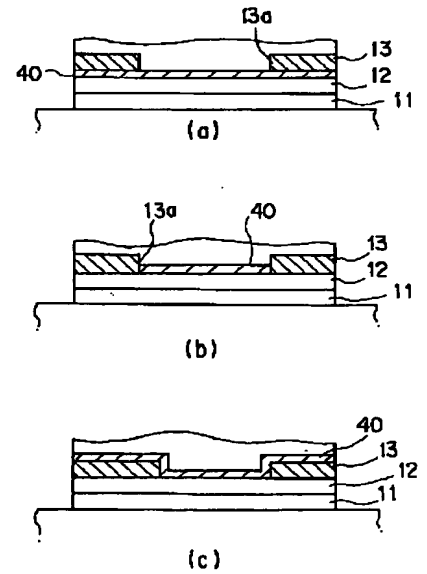
【図3】



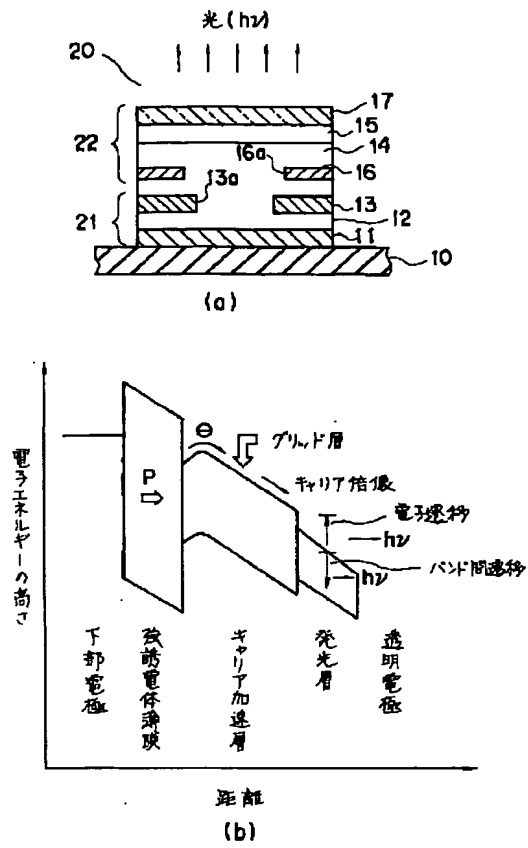
【図6】



【図8】



【図 4】



【図 7】

